

# Rahmenmethodik zur Berechnung des Kraftstoffverbrauchs landtechnischer Arbeitsmittel für Feldarbeiten und landwirtschaftlichen Transport

Ing. G. Fischer/Dr.-Ing. Gertraud Wolff  
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## Verwendete Formelzeichen

A	m <sup>2</sup>	Querschnittsfläche des Fahrzeugs
b	g/kW · h	spezifischer Kraftstoffverbrauch
b <sub>A</sub>	m	Arbeitsbreite
B	kg/h	stündlicher Kraftstoffverbrauch
B <sub>L</sub>	kg/h	stündlicher Kraftstoffverbrauch des Motors bei Lastlauf
B <sub>Le</sub>	kg/h	stündlicher Kraftstoffverbrauch im Leerlauf
c <sub>w</sub>		Luftwiderstandsbeiwert
e <sub>DKA</sub>	kg/ha	flächenbezogener DK-Verbrauch
e <sub>DKm</sub>	kg/t	massebezogener DK-Verbrauch
e <sub>DKs</sub>	kg/km	Strecken-Kraftstoffverbrauch beim landwirtschaftlichen Transport
e <sub>DKt</sub>	kg/h	technologisch bezogener stündlicher DK-Verbrauch
e <sub>DKU</sub>	kg/Uml.	Kraftstoffverbrauch je Umlauf
e <sub>DKW</sub>	kg/t · km	DK-Verbrauch je Transportarbeitsmenge (Definition nach [1])
f		Rollwiderstandsbeiwert
F <sub>Z</sub>	kN	Zugkraft
g	m/s <sup>2</sup>	Erdbeschleunigung
k	kN/m <sup>2</sup>	spezifischer Bodenwiderstand
K	ha/h	Flächenkapazität
m <sub>A</sub>	t/ha	Ertrag
m <sub>Le</sub>	t	Leermasse der Transporteinheit
m <sub>N</sub>	t	Nutzmasse der Transporteinheit
m <sub>NU</sub>	t/Uml.	Nutzmasse der Transporteinheit je Umlauf
m <sub>p</sub>	t	Masse des Pfluges
m <sub>T</sub>	t	Traktorenmasse
m <sub>TE</sub>	t	Masse der Transporteinheit
m <sub>T(T<sub>08</sub>)</sub>	t/h	Transportdurchsatz in der T <sub>08</sub>
n <sub>Motor</sub>	U/min	Motordrehzahl
p		Faktor zur Berücksichtigung des Anteils der Motorlaufzeit an der Teilzeit
p <sub>e</sub>	MPa	mittlerer effektiver Druck
P <sub>s</sub>	kW	Beschleunigungsleistung
P <sub>perf</sub>	kW	erforderliche Motorleistung
P <sub>L</sub>	kW	Luftwiderstandsleistung
P <sub>No</sub>	kW	Leistungsbedarf für den Nebenantrieb
P <sub>Nenn</sub>	kW	Motornennleistung
P <sub>R</sub>	kW	Rollwiderstandsleistung
P <sub>S</sub>	kW	Schlupfverlustrleistung
P <sub>St</sub>	kW	Steigleistung
P <sub>Z</sub>	kW	Zugleistung
S		Schlupf
s <sub>T</sub>	km/Uml.	durchschnittliche Transportentfernung (Last-Kilometer je Umlauf)
t	m	Arbeitstiefe
t <sub>A</sub>	h/ha	Zeitaufwand für 1 ha, bezogen auf eine technologische Zeit
t <sub>U</sub>	h/Uml.	Zeitaufwand für 1 Umlauf, bezogen auf eine technologische Zeit
T <sub>1</sub>	h	Grundzeit
T <sub>08</sub>	h	Schichtzeit

T <sub>R</sub>	h	Restzeit (T <sub>R</sub> = T <sub>08</sub> - T <sub>1</sub> )
v <sub>i</sub>	km/h	Fahrgeschwindigkeit
v <sub>th</sub>	km/h	theoretische Fahrgeschwindigkeit
ε	kN · s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>	Koeffizient des dynamischen Widerstandes
η <sub>k</sub>		Wirkungsgrad der Kraftübertragung
η <sub>No</sub>		Wirkungsgrad des Nebenantriebs
ρ <sub>DK</sub>	kg/l	Dichte des Dieseldieselkraftstoffs
ρ <sub>L</sub>	kg/m <sup>3</sup>	Luftdichte

## 1. Problemstellung

Aus der gesamtgesellschaftlichen Zielstellung zur Material- und Rohstoffökonomie ergibt sich auch für den Bereich der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft die Aufgabe, energiewirtschaftliche Prozesse zum Erarbeiten von Rationalisierungsmaßnahmen zu analysieren und den Energieverbrauch mit technisch-ökonomisch begründeten Energieverbrauchsnormen zu belegen. Das Untersuchungsziel in der Pflanzenproduktion besteht deshalb vor allem darin, für alle Arbeitsgänge Richtwerte und Normative für den Dieseldieselkraftstoff-Verbrauch (DK-Verbrauch) zu erarbeiten. Voraussetzung dafür ist ein geschlossenes System von methodischen Grundlagen, mit dem zunächst eine rationelle Bestimmung des DK-Verbrauchs mobiler landtechnischer Arbeitsmittel möglich ist.

Auf der Basis der in der Literatur angegebenen und in Forschungsarbeiten gesammelten Erkenntnisse ist die nachfolgend beschriebene vereinfachte Berechnungsmethodik erarbeitet worden.

## 2. Erläuterungen zur Methodik

Der DK-Verbrauch in der Schichtzeit T<sub>08</sub> ergibt sich aus der Summe des anteiligen DK-Verbrauchs in den Teilzeiten T<sub>1</sub> bis T<sub>83</sub>. Voraussetzung ist, daß die Schichtzeit T<sub>08</sub> für die Feldarbeitgänge entsprechend der Zeitgliederung nach TGL 22289 [2] und für den landwirtschaftlichen Transport und Umschlag nach Schmid [3] untergliedert ist und daß alle Teilzeiten als bekannte Größen für den zu betrachtenden Arbeitsgang vorliegen. Die Teilzeiten lassen sich in Abhängigkeit vom Motorlaufzeitanteil in drei Hauptgruppen unterteilen:

- Motorlaufzeit unter Last während der Grundzeit T<sub>1</sub>
- Motorlaufzeit unter Last in den Teilzeiten T<sub>21</sub>, T<sub>22</sub>, T<sub>61</sub> und T<sub>62</sub>. Hierbei ist die Motorlaufzeit identisch mit der entsprechenden Teilzeit
- Motorleerlaufzeit bzw. Motorstillstandszeit in den Teilzeiten T<sub>23</sub>, T<sub>31</sub>, T<sub>32</sub>, T<sub>33</sub>, T<sub>41</sub>, T<sub>42</sub>, T<sub>44</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>81</sub>, T<sub>82</sub> und T<sub>83</sub>.

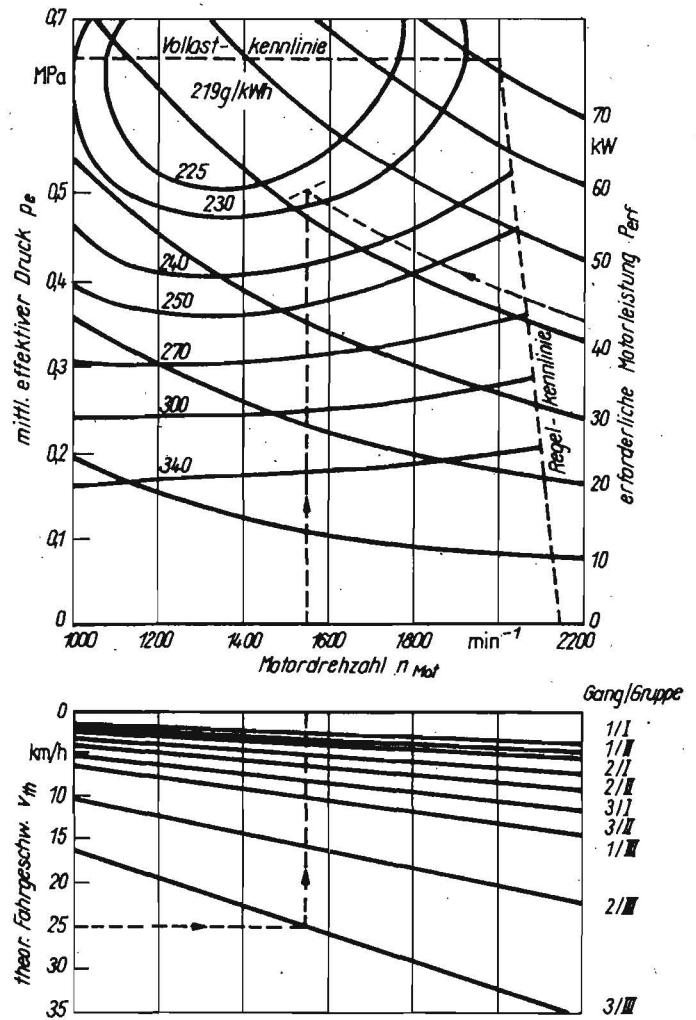
Für die Teilzeiten, in denen eine Motorleistung, abgefordert wird, erfolgt die Berechnung der erforderlichen Motorleistung unter Berücksichtigung der wesentlichsten Einflußfaktoren. Bei Beachtung der durchschnittlichen Motordrehzahl wird mit der berechne-

ten Motorleistung aus dem Verbrauchskennfeld des entsprechenden Motors der spezifische Kraftstoffverbrauch b bestimmt. Das Produkt des spezifischen Kraftstoffverbrauchs b mit der erforderlichen Motorleistung P<sub>perf</sub> ergibt den stündlichen Kraftstoffverbrauch B. Für die Teilzeiten, in denen der Motor im Leerlauf betrieben wird, kann man den Kraftstoffverbrauch für Motorleerlauf aus den Prüfberichten der Zentralen Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim (ZPL) entnehmen. Die wesentlichsten Einflußfaktoren auf die Größe der erforderlichen Motorleistung sind:

- Masse der Landmaschinen-Traktoren-Aggregation  
Für die Berechnungen wird unterstellt, daß die Zugkraft horizontal wirkt und im Schwerpunkt des Traktors bzw. des LKW angreift. Damit wird die Stützkraft an den Achsen des Traktors durch die Eigenmasse unter Berücksichtigung der verwendeten Ballastmassen bestimmt. Beim Transport von Kartoffeln, Rüben und Feldgemüse ist der Beimengungsanteil zu berücksichtigen.  
Während der Beladezeit von Erntegütern (Parallelfahrt) und der Entladezeit bei Verteilprodukten ist als Lademasse 50 % der Nutzmasse der entsprechenden Transporteinheit zu unterstellen.
- Rollwiderstandsbeiwert  
Es wird ein gemeinsamer Rollwiderstandsbeiwert für die treibenden und die getriebenen Räder unterstellt [4]. Somit erübrigt sich die gesonderte Berechnung für Zugmittel und Anhängergeräte.  
Beim landwirtschaftlichen Transport ist der Bodenzustand nach den Fahrbahnklassen I, II, III [5] zu klassifizieren.
- Schlupf  
Beim Transport auf den Fahrbahnklassen II und III ist der Schlupf gering und wird deshalb dort vernachlässigt.
- Fahrgeschwindigkeit  
Für die Berechnungen wird eine durchschnittliche, gleichförmige Fahrgeschwindigkeit unterstellt. Zeitrichtwerte für Feld- und Straßentransporte sind in Abhängigkeit von der Transporteinheit und von der Transportentfernung in [6] enthalten. Die Fahrgeschwindigkeit der Transporteinheiten bei Erntetransporten während der Beladung (Parallelfahrt) wird durch die jeweilige Erntemaschine bestimmt.
- Luftwiderstand  
Für die Berechnungen kann der Luftwiderstand bei Fahrgeschwindigkeiten v<sub>f</sub> < 30 km/h vernachlässigt werden [7]. Somit ist der Luftwiderstand nur bei landwirtschaftlichen Transporten mit dem LKW auf der Fahrbahnklasse III zu berücksichtigen.  
In den Berechnungen werden weiterhin berücksichtigt:  
- Art der Landmaschinen-Traktoren-Aggregation

- Bodenart und Bodenzustand
- Wirkungsgrad der Kraftübertragung
- Arbeitsbreite
- Arbeitstiefe
- erforderliche Drehleistung bzw. Antriebsdrehmoment und Antriebsdrehzahl der Landmaschine bzw. des Aggregats.

Bild 1  
Verbrauchskennlinienfeld des Motors 4VD 14,5/12-1SRW und Gangdiagramm des Traktors ZT 300/303



### 3. Berechnung des spezifischen DK-Verbrauchs

#### 3.1. Berechnung der erforderlichen Motorleistung

Bei der Berechnung des spezifischen DK-Verbrauchs eines Kraftfahrzeugs ist es notwendig, von seiner Leistungsbilanz auszugehen:

$$P_{\text{erf}} = \frac{P_R + P_S + P_B + P_{\text{St}} + P_L + P_Z + \frac{P_{\text{Ne}}}{\eta_{\text{Ne}}}}{\eta_{\text{K}}} \quad (1)$$

Die erforderliche Motorleistung  $P_{\text{erf}}$  ist die effektive Leistung, die an der Motorwelle abgegeben wird. Die maximal nutzbare effektive Motorleistung wird mit Motornennleistung  $P_{\text{Nenn}}$  bezeichnet.

Bei den Berechnungen sollte beachtet werden, daß die Motornennleistung nur mit maximal 90 % in Anspruch genommen wird, um noch eine Leistungsreserve zur Verfügung zu haben.

#### ● Erforderliche Motorleistung für Feldarbeitsgänge

Für die Berechnung der erforderlichen Motorleistung  $P_{\text{erf}}$  für Feldarbeitsgänge in der Ebene läßt sich Gl. (1) unter Beachtung der im Abschn. 2 angeführten Unterstellungen auf folgende Gleichung reduzieren:

$$P_{\text{erf}} = \frac{P_R + P_Z + P_S + \frac{P_{\text{Ne}}}{\eta_{\text{Ne}}}}{\eta_{\text{K}}} = (m_{\text{T}} g f + F_Z) \frac{v_{\text{f}}}{(1-S) \eta_{\text{K}}} + \frac{P_{\text{Ne}}}{\eta_{\text{Ne}}} \quad (2)$$

In der Traktorenmasse  $m_{\text{T}}$  ist die Masse der Anbaugeräte mit zu berücksichtigen. Der Zugkraftbedarf  $F_Z$  beim Pflügen wird nach Gorjatschkin [8, 9, 10] mit Hilfe der Gl. (3) bestimmt:

$$F_Z = m_{\text{p}} g f + b_{\text{A}} t k + b_{\text{A}} t \epsilon v_{\text{f}}^2 \quad (3)$$

Für die übrigen Feldarbeitsgänge sind der spezifische bzw. der absolute Zugkraftbedarf  $F_Z$  und der Leistungsbedarf für den Nebenantrieb  $P_{\text{Ne}}$  (z. B. Zapfwellenleistung) den Prüfbüchern der ZPL oder der Fachliteratur zu entnehmen.

#### ● Erforderliche Motorleistung für Transportarbeitsgänge

Die erforderliche Motorleistung  $P_{\text{erf}}$  für Transportarbeitsgänge wird mit den Gln. (4) bis (7) bestimmt:

- für LKW-Transporte auf der Fahrbahnklasse III

$$P_{\text{erf}} = (m_{\text{TE}} g f + \frac{\rho_{\text{L}} c_{\text{w}} A v_{\text{f}}^2}{2}) \frac{v_{\text{f}}}{\eta_{\text{K}}} \quad (4)$$

- für LKW-Transporte auf der Fahrbahnklasse II und für Traktorentransporte auf den Fahrbahnklassen II und III

$$P_{\text{erf}} = \frac{m_{\text{TE}} g f v_{\text{f}}}{\eta_{\text{K}}} \quad (5)$$

- für LKW- und Traktorentransporte auf der Fahrbahnklasse I und auf dem Feld

$$P_{\text{erf}} = \frac{m_{\text{TE}} g f v_{\text{f}}}{(1-S) \eta_{\text{K}}} + \frac{P_{\text{Ne}}}{\eta_{\text{Ne}}} \quad (6)$$

$$m_{\text{TE}} = m_{\text{L}} + m_{\text{N}} \quad (7)$$

Der Leistungsanteil  $P_{\text{Ne}}$  für den Nebenantrieb ist bei der Ausbringung von Verteilprodukten zu berücksichtigen.

#### 3.2. Spezifischer DK-Verbrauch in der Grundzeit

Auf der Grundlage der berechneten erforderlichen Motorleistung  $P_{\text{erf}}$  der theoretischen Fahrgeschwindigkeit  $v_{\text{th}}$  und des gewählten Getriebegangs wird mit Hilfe des Gangdiagramms aus dem Motorkennlinienfeld (Bild 1) der spezifische DK-Verbrauch  $b$  ermittelt. Zwischen der theoretischen und der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit besteht folgender Zusammenhang:

$$v_{\text{th}} = \frac{v_{\text{f}}}{1-S} \quad (8)$$

Der stündliche Kraftstoffverbrauch  $\dot{B}$  ist das Produkt aus der erforderlichen Motorleistung  $P_{\text{erf}}$  und dem spezifischen Dieseldieselfkraftstoffverbrauch  $b$ :

$$\dot{B} = P_{\text{erf}} \cdot b \quad (9)$$

Der Verlauf des stündlichen Kraftstoffverbrauchs in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit ändert sich von Getriebegang zu Getriebegang sprunghaft, wobei in zwei benachbarten Getriebegängen eine Geschwindigkeitsüberschneidung auftritt.

In einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich kann aufgrund der Abstufung des Ge-

triebes zwischen zwei benachbarten Getriebegängen gewählt werden. Daraus ergeben sich für diesen Geschwindigkeitsbereich unterschiedliche Kraftstoffverbrauchswerte.

Für die Berechnungen ist zu unterstellen, daß die Mechanismen diesen Zusammenhang kennen und rechtzeitig in den höheren Gang schalten. Dadurch wird der Motor im wirtschaftlichen Drehzahlbereich betrieben. Bei hoher Motorauslastung und bei den Arbeitsgängen, bei denen ein Nebenantrieb (Zapfwellenantrieb) mit Nenndrehzahl betrieben werden muß, ist der spezifische Kraftstoffverbrauch  $b$  auf der Regelkennlinie des Motorkennlinienfeldes abzulesen. Unter Praxisbedingungen ist bei einigen Teilzeiten von bestimmten Arbeitsgängen durch den laufenden Wechsel der Einsatzbedingungen eine häufige Änderung der Fahrgeschwindigkeit zu verzeichnen (z. B.  $T_{12}$ ,  $T_{14}$  und  $T_6$ ). Dadurch betreibt der Mechanismus den Motor mit unterschiedlichen Drehzahlen, und entsprechend der Gangabstufung wechselt er in andere Getriebegänge. Für diese Einsatzfälle wird unter Beachtung des Anwendungsgebiets der Berechnungsmethodik folgende vereinfachte Ermittlung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs vorgeschlagen:

In den Teilzeiten bei o. g. Arbeitsgängen ist die erforderliche Motorleistung mit Hilfe der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit zu berechnen. Die Motordrehzahl kann in diesen Fällen nicht aus der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit über das Gangdiagramm ermittelt werden. Hierbei ist eine durchschnittliche Motordrehzahl (75 bis 85 % der Motornenn Drehzahl) zu unterstel-

len und im Verbrauchskennlinienfeld des Motors der entsprechende spezifische DK-Verbrauch  $b$  abzulesen.

● **DK-Verbrauch in der Grundzeit für Feldarbeitsgänge**

Für den stündlichen DK-Verbrauch in der Grundzeit bei Feldarbeitsgängen gilt bei einer durchschnittlichen erforderlichen Motorleistung und konstanter Motordrehzahl nachfolgende Beziehung:

$$e_{DKt}(T_1) = \dot{B} \quad (10)$$

● **DK-Verbrauch in der Grundzeit für Transportarbeitsgänge**

Beim landwirtschaftlichen Transport wird der DK-Verbrauch in der Grundzeit auf den Umlauf bezogen und nach Gl. (11) berechnet:

$$e_{DKU}(T_1) = \sum_{i=11}^{14} (\dot{B}_{La} t_{Ui} + \dot{B}_{Le} t_{Ui} p) \quad (11)$$

3.2. **Spezifischer DK-Verbrauch in der Restzeit**

Der DK-Verbrauch in der Restzeit wird vor allem durch die exakte Angabe der Teilzeit selbst und durch die Anteile der Motorlaufzeiten in den einzelnen Teilzeiten bestimmt. Bei den Motorlaufzeiten unter Last in der Restzeit handelt es sich überwiegend um Transporte. Für die Berechnung der erforderlichen Motorleistung  $P_{erf}$  gelten somit die Gl. (4), (5) und (6).

Mit Hilfe von Gl. (2) wird die erforderliche Motorleistung  $P_{erf}$  in den Teilzeiten  $T_{21}$  und  $T_{22}$  für Feldarbeitsgänge ermittelt. Hierbei wird unterstellt, daß auftretende Seitenführungskräfte an den Rädern vernachlässigt werden können.

Da die Anteile der Motorlaufzeiten und Motorstandzeiten in den Teilzeiten häufig nicht bekannt sind, diese Anteile außerdem einer starken Streuung unter Praxisbedingungen unterliegen, wird die in Tafel 1 angegebene Unterteilung empfohlen.

● **DK-Verbrauch in der Restzeit für Feldarbeitsgänge**

Der stündliche DK-Verbrauch in der Restzeit  $e_{DKt}(T_R)$  für Feldarbeitsgänge wird nach Gl. (12) berechnet:

$$e_{DKt}(T_R) = \sum_{i=21}^{83} \left[ \dot{B}_{La} \frac{t_{Ai}}{t_A(T_R)} p + \dot{B}_{Le} \frac{t_{Ai}}{t_A(T_R)} p \right] \quad (12)$$

● **DK-Verbrauch in der Restzeit für Transportarbeitsgänge**

Für Transportarbeitsgänge wird der DK-Verbrauch in der Restzeit  $T_R$  wie bei der Berechnung in der Grundzeit  $T_1$  auf den Umlauf bezogen und nach Gl. (13) bestimmt:

$$e_{DKU}(T_R) = \sum_{i=21}^{83} (\dot{B}_{La} t_{Ui} p + \dot{B}_{Le} t_{Ui} p) \quad (13)$$

3.4. **Spezifischer DK-Verbrauch in der Schichtzeit  $T_{08}$**

● **DK-Verbrauch in der Schichtzeit  $T_{08}$  für Feldarbeitsgänge**

Der stündliche DK-Verbrauch in der Schichtzeit für Feldarbeitsgänge wird durch den DK-

Tafel 1. Faktor zur Berücksichtigung des Anteils der Motorlaufzeit an der Teilzeit (für Feldarbeiten nach [11])

Feldarbeiten	Teilzeit		Faktor für Motorlaufzeitanteil $p$	
	Transport	Motorlaufzeit	Last	Motorstandzeit
$T_{21}$	—	1,0	—	—
$T_{22}$	—	1,0	—	—
$T_{23}$	—	—	0,5	0,5
—	$T_{2411}^{1)}$	1,0	—	—
—	$T_{2412}^{1)}$	—	1,0	—
—	$T_{242}$	—	1,0	—
—	$T_{243}^{1)}$	1,0	—	—
—	$T_{2432}^{1)}$	—	1,0	—
—	$T_{244}$	—	1,0	—
—	$T_{245}$	—	1,0	—
$T_{31}$	$T_{31}$	—	0,5	0,5
$T_{32}$	$T_{32}$	—	0,5	0,5
$T_{33}$	$T_{33}$	—	0,5	0,5
$T_{41}$	$T_{41}$	—	0,5	0,5
$T_{42}$	$T_{42}$	—	0,5	0,5
$T_{43}$	$T_{43}$	—	0,5	0,5
$T_{44}$	$T_{44}$	—	—	1,0
—	$T_{45}$	—	1,0	—
$T_5$	$T_5$	—	—	1,0
$T_{61}$	$T_{61}$	1,0	—	—
$T_{62}$	$T_{62}$	1,0	—	—
$T_7$	—	—	0,5	0,5
$T_{81}$	$T_{81}$	—	—	1,0
$T_{82}$	$T_{82}$	—	—	1,0
$T_{83}$	$T_{83}$	—	—	1,0

1)  $T_{2411}$  Hilfszeit beim Beladen, während der Fahrt  
 $T_{2412}$  Hilfszeit beim Beladen, im Stand  
 $T_{243}$  Hilfszeit beim Entladen, während der Fahrt  
 $T_{2432}$  Hilfszeit beim Entladen, im Stand

Verbrauch in der Grund- und in der Restzeit bestimmt und nach Gl. (14) berechnet:

$$e_{DKt}(T_{08}) = e_{DKt}(T_1) \frac{T_1}{T_{08}} + e_{DKt}(T_R) \frac{T_R}{T_{08}} \quad (14)$$

● **DK-Verbrauch in der Schichtzeit  $T_{08}$  für Transportarbeitsgänge**

Bei Transportarbeitsgängen wird zunächst der DK-Verbrauch je Umlauf auf Schichtzeitbasis nach Gl. (15) berechnet:

$$e_{DKU}(T_{08}) = e_{DKU}(T_1) + e_{DKU}(T_R) \quad (15)$$

Darauf aufbauend wird dann der stündliche DK-Verbrauch nach Gl. (16) bestimmt:

$$e_{DKt}(T_{08}) = \frac{e_{DKU}(T_{08})}{t_U(T_{08})} \quad (16)$$

3.5. **Weitere spezifische Kraftstoffverbrauchskennzahlen**

Die spezifischen Kraftstoffverbrauchskennzahlen geben den Aufwand an Kraftstoff je Mengeneinheit einer Bezugsgröße an. Für Verfahrensbewertungen sind folgende Kennzahlen von Bedeutung:

– flächenbezogener DK-Verbrauch

$$e_{DKA}(T_{08}) = \frac{e_{DKt}(T_{08})}{K(T_{08})} = e_{DKt}(T_{08}) t_A(T_{08}) \quad (17)$$

Für den landwirtschaftlichen Transport gilt:

$$K(T_{08}) = \frac{\dot{m}_{Tr}(T_{08})}{m_A} \quad (18)$$

$$\dot{m}_{Tr}(T_{08}) = \frac{\dot{m}_{NU}}{t_U(T_{08})} \quad (19)$$

Der Ertrag  $m_A$  enthält bei Erntetransporten die Ertragsmasse einschließlich der Beimengungen. Bei den Verteiltransporten ist für den Ertrag  $m_A$  die auszubringende Masse je Hektar einzusetzen.

– massebezogener DK-Verbrauch

$$e_{DKm}(T_{08}) = \frac{e_{DKt}(T_{08})}{\dot{m}_{Tr}(T_{08})} \quad (20)$$

– Strecken-Kraftstoffverbrauch

$$e_{DKs} = \frac{e_{DKU}(T_{08})}{s_{Tr}} \quad (21)$$

Bei reinen Straßentransporten gelten die Kraftstoffverbrauchswerte nach [12].

– transportmengenbezogener DK-Verbrauch

$$e_{DKW}(T_{08}) = \frac{e_{DKs}}{m_{NU}} \quad (22)$$

Sind die DK-Verbrauchswerte in Liter anzugeben, dann ist mit einer Dichte des Dieselmotorkraftstoffs von  $\rho_{DK} = 0,833 \text{ kg/l}$  zu rechnen.

4. **Zusammenfassung**

Eine bedeutende Bewertungsgröße für die Effektivität des Einsatzes verschiedener Mechanisierungslösungen in den Produktionsverfahren der Pflanzenproduktion ist der DK-Verbrauch. Auf der Grundlage des derzeitigen Erkenntnisstandes ist eine vereinfachte Rahmenmethodik erarbeitet worden, die eine praktikable Möglichkeit zum Ermitteln von DK-Verbrauchskennwerten für mobile Arbeitsgänge der Pflanzenproduktion darstellt. Die Rahmenmethodik vermittelt, wie der DK-Verbrauch über die Ermittlung der erforderlichen Motorleistung  $P_{erf}$  für jede Teilzeit unter Berücksichtigung der Motorlauf- und Motorstillstandszeit in der Schichtzeit  $T_{08}$  berechnet werden kann.

Die vorliegende Rahmenmethodik befindet sich im Stadium der wissenschaftlichen Diskussion. Die Größe der Einflußfaktoren, die auf den Kraftstoffverbrauch wirken, wird in Fortführung der Forschungsarbeit für verschiedene Einsatzbedingungen quantifiziert.

Literatur

- [1] Müller, M.: Technologische Grundlagen für die industriemäßige Pflanzenproduktion. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1980.
- [2] TGL 22289: Zeitgliederung in der Land- und Forstwirtschaft. Aug. Juni 1974.
- [3] Schmid, H.: Zeitgliederung für Transport und Umschlag in der Landwirtschaft. agrartechnik, Berlin 27 (1977) 7, S. 297–300.
- [4] Blumenthal, R.: Technisches Handbuch Traktoren. Berlin: VEB Verlag Technik 1981.
- [5] Priebe, D.: Katalog „Zeitrichtwerte für den Transport in den sozialistischen Landwirtschaftsbetrieben“. Hochschule für LPG Meißen, 1971.
- [6] Autorenkollektiv: Katalog zur Arbeitsnormung in der Pflanzenproduktion. Markkleeberg: Landwirtschaftsausstellung der DDR 1980.
- [7] Schulz, H.: Landwirtschaftliche Fahrzeuge und Krane. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1978.
- [8] Bernacki, H.; Haman, J.: Grundlagen der Bodenbearbeitung und Pflugbau. Berlin: VEB Verlag Technik 1973.
- [9] Heyde, H.; Kühn, G.: Landmaschinenlehre, Band 2. Berlin: VEB Verlag Technik 1978.
- [10] Kugler, K.: Maschinen und Geräte für die Pflanzenproduktion. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1978.
- [11] Müller, H.: Methodische Grundlagen für die Berechnung von Kraftstoffverbrauchsrichtwerten beim Einsatz von Traktoren und Selbstfahrmaschinen in der Pflanzenproduktion. Hochschule für LPG, Forschungsinstitut für SBW Böhltz-Ehrenberg, Arbeitsmaterial 10/78 (unveröffentlicht).
- [12] Anordnung Nr. 4 über die Normierung des Kraftstoffverbrauchs für Kraftfahrzeuge im Straßenverkehr vom 26. Oktober 1981, Kraftstoffverbrauchs-Richtwertkatalog. GBl. der DDR Teil I, Nr. 24, vom 27. Nov. 1981. A 3600